

РЕНТГЕНОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ МОНОСЕЛЕНИДА ГАЛЛИЯ

Арутюнян В. М., Димаксян М. Л., Элбакян В. Л., Григорян Г. Е.

При комнатной температуре исследовано влияние модулированного рентгеновского излучения на добавочный ток через слоистые кристаллы *p*-GaSe. Получено эмпирическое выражение для добавочного тока от мощности излучения, частоты модуляции и напряжения смещения, хорошо описывающее экспериментальные результаты. Высокая рентгеночувствительность дает основание рекомендовать GaSe для использования в дозиметрии рентгеновского излучения.

Полупроводниковые детекторы широко применяются в дозиметрии ионизирующих излучений. Для обеспечения высокой дозовой чувствительности требуются материалы с большой шириной запрещенной зоны и малым темновым током. По своим параметрам моноселенид галлия удовлетворяет этим требованиям и может быть использован в качестве дозиметра. Об этом свидетельствуют имеющиеся (хотя и в небольшом количестве) публикации [1-3].

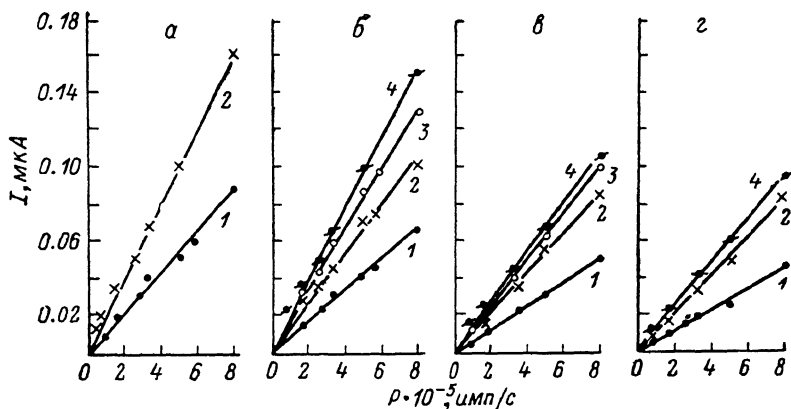


Рис. 1. Зависимость добавочного тока от мощности излучения при различных частотах модуляции.

Частота модуляции, Гц: а — 18, б — 44, в — 70, з — 100. Напряжение смещения, В: 1 — 8, 2 — 15, 3 — 22, 4 — 30.

В настоящей работе приведены результаты исследования влияния рентгеновского излучения на некоторые характеристики кристаллов моноселенида галлия, выращенных методом Бриджмена. Были получены крупнокристаллические гомогенные образцы GaSe, обладающие ярко выраженным слоистым строением, которые легко скалывались на тонкие пластинки с зеркально гладкой поверхностью естественного скола. Омические контакты создавались на поверхности свежего скола путем сплавления эвтектического сплава индия и галлия. Образцы специально не легировались и имели *p*-тип проводимости с концентрацией основных носителей при комнатной температуре порядка $3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ и темновой проводимостью $10^{-3} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$. Измерения рентгенопроводимости были выполнены на дифрактометре ДРОН-3 с рентгеновской труб-

кой БСВ-24 с медным анодом. Модулированный с частотой $18 \div 100$ Гц луч падал на образец, помещенный в специальную светонепроницаемую камеру, в направлении оси с перпендикулярно плоскости скола. Через образец вдоль плоскости скола пропускался постоянный ток. Измерения проводились при комнатной температуре.

Из рис. 1 видно, что зависимость добавочного тока от мощности излучения при различных напряжениях смещения на образце и частотах модуляции рентгеновского луча в основном имеет прямолинейный характер. Наибольшая чувствительность при каждом постоянном напряжении смещения наблюдается при наименьшей частоте модуляции рентгеновского излучения. В работе [1] для легированного оловом моноселенида галлия зависимость фототока от мощности излучения была представлена в виде $I_{\text{доб}} \sim P^{0.63 \pm 0.675}$. В нашем случае эта зависимость близка к прямолинейной, что, несомненно, является весьма ценным качеством для дозиметров ионизирующего излучения [4].

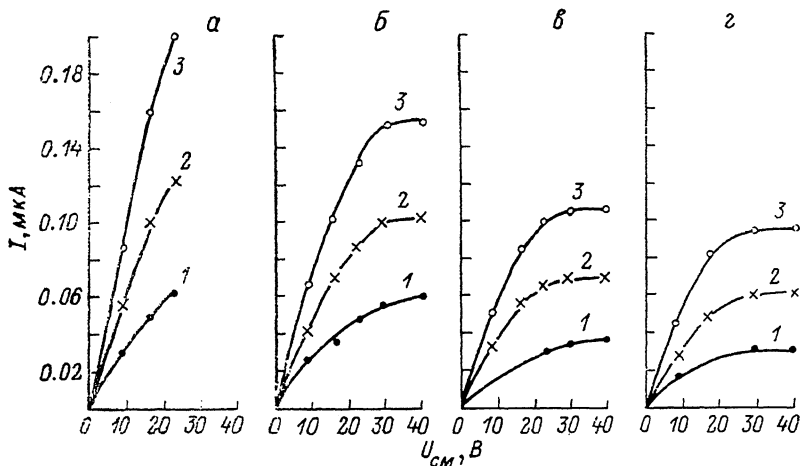


Рис. 2. Зависимость добавочного тока от напряжения смещения при различных мощностях излучения.

P , мВт/с: 1 — $2.8 \cdot 10^5$, 2 — $5.8 \cdot 10^5$, 3 — $8.0 \cdot 10^5$. а-г — то же, что и на рис. 1.

Зависимости добавочного тока от напряжения смещения при каждой фиксированной мощности излучения и различных частотах модуляции приведены на рис. 2. Заметим, что при малых частотах модуляции и больших напряжениях смещения шумовые эффекты увеличиваются и измерение добавочного тока не представляется возможным.

Анализ приведенных на рис. 1 и 2 кривых показал, что в рассматриваемых условиях зависимость добавочного тока $I_{\text{доб}}$ от мощности излучения P , частоты модуляции рентгеновского луча f и напряжения смещения $U_{\text{см}}$ при длине образца l аппроксимируется выражением

$$I_{\text{доб}} = c_1 \frac{PU_{\text{см}}}{lf\tau} - c_2 \frac{PU_{\text{см}}^2}{l}, \quad (1)$$

где c_1 и c_2 — постоянные множители, равные соответственно $1.56 \cdot 10^{-14}$ и 4.95×10^{-17} , $\tau = 0.4$. Соответственно абсолютная чувствительность будет равна отношению $I_{\text{доб}}$ к мощности P . Выражение (1) полностью описывает полученные нами экспериментальные результаты. Действительно, из (1) видно, что при каждом данном смещении и частоте модуляции рентгеноток пропорционален мощности излучения (рис. 1). С другой стороны, при фиксированных мощности излучения и частоте модуляции с увеличением напряжения смещения рентгеноток сначала линейно растет, затем стремится к насыщению. Можно полагать, что в области малых смещений рентгенопроводимость обусловлена генерацией электронно-дырочных пар с линейным механизмом усиления фототока. В этом случае время жизни и подвижность носителей не зависят от поля и фототок линейно возрастает с увеличением приложенного напряжения [5]:

$$I = q\eta \left(\frac{P}{h\nu} \right) \frac{\mu U_{cm}}{l^2} \tau, \quad (2)$$

где q — заряд электрона, η — квантовая эффективность, τ и μ — время жизни и подвижность носителей. Такая зависимость будет сохраняться до тех пор, пока время пролета носителей $\tau_r = l^2/\mu U_{cm}$ не уменьшится до времени жизни. При $\tau_r = \tau$ $I = q\eta P/h\nu$, т. е. имеет место насыщение фототока, что также согласуется с приведенными нами результатами. Причем в нашем случае подсчеты показали, что $I_{нас} < 1.23 \cdot 10^{-12} P/lf^{0.8}$ (А), и поэтому ток насыщения тем больше, чем больше мощность излучения и меньше частота модуляции (рис. 2).

При очень больших напряжениях смещения, когда, в частности, в (1) второй член становится больше первого, выражение (1) теряет физический смысл. Следовательно, оно верно при $U_{cm}^{кр} < 315 f^{-0.4}$ (В). При $U_{cm} > U_{cm}^{кр}$, вероятно,

Сравнение результатов настоящей работы с данными [3]

	Данные работ	
	наши	[3]
Анодное напряжение трубки, кВ	40	170
Ток эмиссии рентгеновской трубки, мА	10	12
Напряжение смещения на образце, В	20	20
Добавочный ток через образец, А	$(6 \div 7) \cdot 10^{-8}$	10^{-8}

действуют другие эффекты, связанные, например, с сильными электрическими полями. При этом чем больше частота модуляции излучения, тем меньше критическое напряжение смещения, что и наблюдается на опыте.

Из приведенных экспериментальных данных следует, что выращенные нами кристаллы моноселенида галлия обладают высокой чувствительностью к рентгеновскому излучению. Действительно, из таблицы видно, что при меньших анодном напряжении и токе эмиссии рентгеновской трубки по сравнению с приведенными в работе [3] добавочный ток через образец, по нашим данным, по крайней мере на порядок больше.

Таким образом, моноселенид галлия является дешевым и эффективным материалом для изготовления датчиков рентгеновского излучения. Основное достоинство такого датчика — прямолинейность рентгеноамперных характеристик, что важно для использования в широком диапазоне мощности рентгеновского излучения. Полученная эмпирическая формула (1), хорошо согласующаяся с теорией, дает возможность управлять характеристиками датчика из GaSe в рассматриваемых условиях.

Л и т е р а т у р а

- [1] Акопян Р. А., Журавлев В. М. // Изв. АН СССР. Неорг. матер. 1983. Т. 19. В. 6. С. 913—915.
- [2] Гусейнов Г. Д., Акопян Р. А., Журавлев В. М., Осипова Л. Н. // Изв. АН СССР. Неорг. матер. 1985. Т. 21. В. 6. С. 1046—1047.
- [3] Casielano A. // Appl. Phys. Lett. 1986. V. 48. N 4. P. 298—299.
- [4] Полупроводниковые детекторы в дозиметрии ионизирующих излучений / Под ред. В. К. Ляпидовского. М., 1973. 177 с.
- [5] Полупроводниковые фотоприемники / Под ред. В. И. Стафеева. М., 1984. 216 с.

Ереванский государственный университет

Получена 18.05.1988
Принята к печати 28.10.1988